

PAT-NO: JP02005214631A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2005214631 A
TITLE: STATE MONITORING/MAINTAINING DEVICE AND METHOD
PUBN-DATE: August 11, 2005
INVENTOR-INFORMATION:
NAME COUNTRY
DOI, NOBUKI N/A
MATSUNAGA, TOMOYA N/A
CHIGUSA, NAOKI N/A
INT-CL (IPC): G01M019/00, F16C019/52 , F16C041/00 , G01H017/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a state monitoring/maintaining device for preparing an appropriate maintenance program on a rotating apparatus.

SOLUTION: According to this state monitoring/maintaining device, a time period is estimated in which maintenance is to be required from a rising trend in vibration of a rolling bearing and from the state of the rolling bearing to prepare a maintenance program up to the time when the state of the rolling bearing requires maintenance on the basis of a relation between elapsed time of an actual rolling bearing and vibration measurement data, stored in a vibration measurement data storage means. Therefore, the maintenance program can be prepared so that inspection is performed at more appropriate time with respect to the state of deterioration of the rolling bearing. This makes it possible to enhance the working ratio of the apparatus, to reduce material costs, and to suppress human labor.

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIPI

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-214631

(P2005-214631A)

(43) 公開日 平成17年8月11日(2005.8.11)

(51) Int.Cl.⁷

F1

テーマコード (参考)

G01M 19/00

G01M 19/00

A

2G024

F16C 19/52

F16C 19/52

2G064

F16C 41/00

F16C 41/00

3J101

G01H 17/00

G01H 17/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-17794 (P2004-17794)
 (22) 出願日 平成16年1月27日 (2004.1.27)

(71) 出願人 000156938
 関西電力株式会社
 大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号
 (74) 代理人 100064584
 弁理士 江原 省吾
 (74) 代理人 100093997
 弁理士 田中 秀佳
 (74) 代理人 100101616
 弁理士 白石 吉之
 (74) 代理人 100107423
 弁理士 城村 邦彦
 (74) 代理人 100120949
 弁理士 熊野 剛
 (74) 代理人 100121186
 弁理士 山根 広昭

最終頁に続く

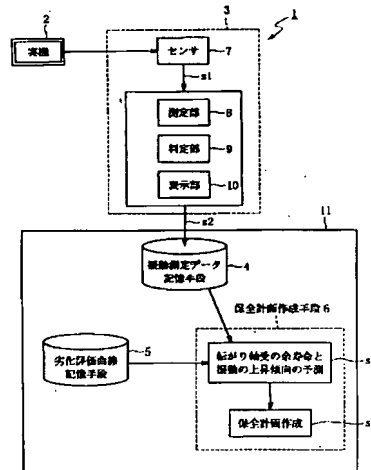
(54) 【発明の名称】 状態監視保全装置及び状態監視保全方法

(57) 【要約】

【課題】 回転機器の適切な保全計画の作成

【解決手段】 本発明に係る状態監視保全装置によれば、振動測定データ記憶手段に記憶された実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データとの関係に基づいて、転がり軸受の振動の上昇傾向と転がり軸受の状態がメンテナンスを要するまでの期間を予測し、転がり軸受の状態がメンテナンスを要する時期までの保全計画を作成するので、転がり軸受の劣化状況に対してより適切な時期に点検が行われるように転がり軸受の保全計画を作成することができる。これにより機器の稼働率を向上させることができ、また物的なコストを削減でき、人的な労力も抑えることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転機器に取り付けた転がり軸受の経過時間と振動との関係を無次元量化した転がり軸受の劣化評価曲線を記憶した劣化評価曲線記憶手段と、

実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データを記憶する振動測定データ記憶手段と、

前記劣化評価曲線記憶手段に記憶された劣化評価曲線と、前記振動測定データ記憶手段に記憶された実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データに基づいて、前記実機の転がり軸受の振動の上昇傾向を予測した予測線と、転がり軸受の状態がメンテナンスを要するまでの期間を求め、前記予測線と余寿命に基づいて実機の転がり軸受の保全計画を作成する保全計画作成手段を備えていることを特徴とする状態監視保全装置。

10

【請求項2】

前記保全計画作成手段が、通常の振動診断頻度 (T_n) と、転がり軸受の状態がメンテナンスを要するまでの期間 (T_d) の間に行われるべき振動診断の回数 (n) が設定されており、予測された転がり軸受の状態がメンテナンスを要するまでの期間 (T_d) に基づいて、 $T_d / n > T_n$ の場合には T_n の頻度で簡易診断を行い、 $T_d / n \leq T_n$ の場合には T_d / n の頻度で簡易診断を行うように保全計画を作成することを特徴とする請求項1に記載の状態監視保全装置。

【請求項3】

前記振動測定データ記憶手段に記憶された実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データとの関係が、前記予測線から外れた場合に、これを作業者に警告する警告手段を備えていることを特徴とする請求項1に記載の状態監視保全装置。

20

【請求項4】

前記振動測定データ記憶手段に記憶された実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データとの関係が、前記予測線から外れたか否かについて、

実機の振動測定データと前記予測線との差についてその標準偏差を求め、実機の振動測定データが $k\sigma$ (σ は標準偏差であり、 k は任意の実数) 以上外れたか否かを基準として判定することを特徴とする請求項3に記載の状態監視保全装置。

【請求項5】

前記予測線に、線形近似した回帰曲線を用いたことを特徴とする請求項3に記載の状態監視保全装置。

30

【請求項6】

前記保全計画作成手段は、振動測定データ記憶手段に記憶された実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データとの関係が、前記劣化評価曲線記憶手段に記憶された転がり軸受の劣化評価曲線に関係しないと判断した場合に、実機の転がり軸受の経過時間に基づいて転がり軸受の保全計画を作成することを特徴とする請求項1に記載の状態監視保全装置。

【請求項7】

実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データとの関係が、実機の振動の上昇傾向を予測した予測線から外れた場合に、より精密な振動診断を行うことを特徴とする状態監視保全方法。

【請求項8】

実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データとの関係が、転がり軸受の劣化評価曲線に関係しないと判断した場合に、実機の転がり軸受の経過時間に基づいて転がり軸受の保全計画を作成することを特徴とする状態監視保全方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タービン、ポンプ、モータなどの回転機器に取り付けた転がり軸受の劣化（経時劣化）に対する管理、異常検知時の対処判断を自動化する状態監視保全装置に関するものである。

【背景技術】

50

【0002】

原子力発電プラントなどのシステムにおいては、タービン、ポンプ、モータなどの回転機器がそのシステムの重要な役割を担っている。これらの回転機器の保全は、従来、予め計画した時間間隔で点検修理を行う時間基準保全（TBM: Time Based Maintenance）が採用されていた。しかし、図3に示すように、時間基準保全による保全は、点検修理を行う時間間隔を安全サイドで設定するため、例えば、回転機器が良好に運転されている状態で点検修理が行われていた。タービン、ポンプ、モータなどの回転機器の点検修理では、これらの機器を停止させる必要があるため、プラントの稼働率が悪くなる。

【0003】

そこで、タービン、ポンプ、モータなどの回転機器の保全は、上述した時間基準保全から、機器の動作状態を監視し、その傾向から異常の兆候がある場合に点検修理を行う状態監視保全（CBM: Condition Based Maintenance）に移行しつつある。

【0004】

状態監視保全では、回転機器の運転状態監視、故障の早期発見などを目的とした診断システムが用いられている。回転機器の監視・診断には、その回転速度などとともに、回転にともない発生する機械的振動を測定するのが基本となる。

【0005】

回転機器に取り付けた転がり軸受の機械的振動を測定する測定装置には、転がり軸受にセンサを取り付け、転がり軸受の振動速度、振動加速度、周波数などを測定するものがある。回転機器の監視・診断は、振動測定装置で得られる振動測定データに対し、転がり軸受の劣化度合いを判断する基準となるしきい値を設け、斯かるしきい値と振動測定データを比較して、転がり軸受の劣化の程度を判定している。

【0006】

現状実施しているしきい値には、転がり軸受が良好な状態を示す「良」と、転がり軸受の劣化が進み異常が生じる前兆を検知したことを示す「注意」を判定する基準となる第1のしきい値と、「注意」と、「注意」からさらに転がり軸受の劣化が進み転がり軸受が使用不能な状態を示す「不可」を判定する基準となる第2のしきい値を設定している。

【0007】

現状の振動診断業務は、図4に示すフローで進められ、「良」と判定されている状態では、その振動データを記録して振動診断を継続し（s1）、「注意」又は「不可」と判定された場合には、転がり軸受をより精密に診断し（s2）、その結果を考慮して監視を強化したり、機器を修繕したりしている（s3）。

【0008】

なお、回転機器の健全性を診断するシステムに関連するものは下記特許文献1に記載されている。特許文献1に記載された回転機器健全性診断システムは、転がり軸受の振動データと経過時間の関係（転がり軸受の振動データの経時的な変化）に基づいて、回転機器の健全性を診断している。診断の手法は、具体的には、各振動データに対して健全性を判断する基準となるしきい値を設定し、測定された振動データとしきい値を比較して健全性を評価している。

【特許文献1】特開平7-174617

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

回転機器の振動要因は、転がり軸受の経時的な劣化だけでなく、他に転がり軸受の取り付けた回転軸の重心のアンバランス、転がり軸受のミスアライメント、転がり軸受が設置されている機器から受ける振動（例えば、ポンプの脈動、モータ電磁振動）などの外的な要因も影響する。従って、上述した回転機器健全性診断システムの診断結果は、転がり軸受の劣化状況を正確に反映できない場合がある。具体的には、上述した診断システムで「注意」や「不可」と判断された場合でも、転がり軸受がそれ程劣化しておらず、転がり軸受を継続して使用できる場合や、転がり軸受の取り付けた回転軸の重心のアンバランス、

10

20

30

40

50

転がり軸受のミスアライメントなどが原因となり、転がり軸受を交換した直後に「注意」や「不可」となる場合がある。

【0010】

また、転がり軸受の点検やメンテナンスは、機器を止める必要がある場合があり、機器の稼働率を上げるためには、できる限り適切な時期に適切な方法で転がり軸受の点検やメンテナンスを行うことが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係る状態監視保全装置は、転がり軸受の経過時間と振動との関係を無次元量化した転がり軸受の劣化評価曲線を記憶した劣化評価曲線記憶手段と、実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データを記憶する振動測定データ記憶手段と、劣化評価曲線記憶手段に記憶された劣化評価曲線と、振動測定データ記憶手段に記憶された実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データに基づいて、実機の転がり軸受の振動の上昇傾向を予測した予測線と転がり軸受の状態がメンテナンスを要するまでの期間を求め、この予測線と転がり軸受の状態がメンテナンスを要するまでの期間に基づいて実機の転がり軸受の保全計画を作成するものである。

【発明の効果】

【0012】

本発明に係る状態監視保全装置によれば、転がり軸受の劣化評価曲線と、振動測定データ記憶手段に記憶された実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データとの関係に基づいて、実機の転がり軸受の振動の上昇傾向と転がり軸受の状態がメンテナンスを要するまでの期間を予測し、転がり軸受の転がり軸受の状態がメンテナンスを要する時点までの保全計画を作成するので、転がり軸受の劣化状況に対してより適切な時期に点検が行われるように転がり軸受の保全計画を作成することができる。これにより機器の稼働率を向上させることができ、また物的なコストを削減でき、人的な労力も抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下に本発明の一実施形態に係る状態監視保全装置を図面に基づいて説明する。

【0014】

先ず、この状態監視保全装置で用いる転がり軸受の経過時間と振動との関係を無次元化した転がり軸受の劣化評価曲線を説明する。

【0015】

転がり軸受のうち玉軸受の定格疲れ寿命 L_h は、下記式 (1) で表される。

$$L_h = (10^6 / 60n) \cdot (C/P)^3 \quad (1)$$

(n : 回転数 (rpm)、 C : 基本動定格荷重、 P : 軸受荷重)。

【0016】

そして、実験結果を基に軸受の異常検知から寿命 (焼付きまたは破損) までの余寿命計算式は下記式 (2) で表したものが知られている。(井上紀明著「現場の質問に答える実践 振動法による設備診断」 日本プラントメンテナンス協会出版)

$$L_{dh} = (0.032 \times 10^6 / 60n) \cdot (C/P)^{3.37} \quad (2)$$

【0017】

しかし、上記式 (1) は、軸受メーカーが安全サイドの見地から90%の軸受が寿命に至らない場合を想定して定められているため、上記式 (1) を用いた転がり軸受の劣化評価方法は実用性に欠けるという問題がある。

【0018】

また、試験条件に上記式 (2) を当てはめ、異常検知後の軸受の余寿命を試験結果と比較したところ、表1に示すような対比結果が得られ、上記式 (2) を用いた転がり軸受の劣化評価方法では、異常検知後の軸受の余寿命を十分に予測できるとはいえないことが判明した。

【0019】

【表 1】

条 件	異常認知後の軸受の余寿命(min)	
	実験結果	式(2)より算出
動定格荷重×1.3倍	25	8.8
動定格荷重×0.98倍	124	22.8
荷重条件による余寿命比	5	2.6

10

【0020】

転がり軸受の劣化に伴う振動加速度 G の上昇は、軸受劣化に関与するなんらかの時間の関数 $f(t)$ をベースの振動加速度 G_0 に関連付けた式、例えば下記式 (3) で表されると考えられる。

$$G = G_0 \cdot f(t) \quad (3)$$

【0021】

また、上述した転がり軸受の余寿命計算式 (1)、(2) や、これまでの経験あるいは上記試験結果からも、軸受寿命、および、振動測定装置で軸受異常を検知した後の軸受の余寿命は、負荷荷重（軸受荷重）によって異なり、負荷荷重が大きい程短くなることが分かる。

20

【0022】

従って、上記式 (3) の $f(t)$ は、負荷荷重に関連付けた関数であることが推測され、下記式 (4) で表されると仮定する。

$$f(t) = a \cdot [(P/C)^b]^t \quad (4)$$

(a, b: 未知数)

【0023】

上記式 (4) においては、負荷荷重が大きい程軸受寿命が短いということは、換言すれば、短時間に振動加速度 G が上昇することを意味している。このため、 P と C の関係を上記式 (1)、(2) に対し逆転させている。この式 (4) の仮定を裏付けるために、試験 1、2 を行ない、上記式 (4) を用いてフィッティングを行ったところ、図 5 および図 6 にグラフで示すような結果が得られ、これらの結果から、振動加速度の表記法がピーク to ピーク（図 5 (A) および図 6 (A) が対応する。）、実効値（図 5 (B) および図 6 (B) が対応する。）のいずれであっても、決定係数 $R^2 > 0.9$ となり、非常に良くフィッティングしていることが分かった。

30

【0024】

本発明者らは上記のような結果に基づき、振動加速度による軸受異常検知後の軸受寿命マスターカーブ（劣化評価曲線）の検討および策定を行った。

【0025】

負荷荷重を変化させた上記試験 1、2 における軸受異常検知後の振動加速度変化の上限は、いずれの負荷荷重であってもほぼ等しく $5G$ 程度であったのに対し、軸受異常検知後の余寿命には約 5 倍の差があった。余寿命を決定している因子は、振動加速度の値そのものではなく、負荷荷重の違いにあることを示している。すなわち、軸受劣化の進行は、負荷荷重に応じて、振動加速度の増加形態（図 5 (A)、(B) および図 6 (A)、(B) に示すフィッティング曲線の形状）を、同じ振動加速度を保ちながら時間軸方向に伸縮させた形態として表されると考えられる。つまり、負荷荷重が大きい場合には、時間軸方向に縮んだフィッティング曲線になり、一方、負荷荷重が小さい場合には、時間軸方向に伸びたフィッティング曲線になると理解できる。

40

【0026】

50

これらのことから、軸受異常を検知してから軸受寿命時点までの時間を一律「1」に無次元量化すれば、全てのフィッティング曲線は、下記式(5)で示す1つの曲線式(軸受寿命マスターカーブ)によって代表されるはずである。

$$G = G_0 \cdot f(t) = a G_0 [(P/C)^b]^m = G_0 \cdot \alpha^m \quad (5)$$

($m = (\text{軸受異常検知からの経過時間}) / (\text{軸受異常検知から寿命までの時間})$ 、 $0 \leq m \leq 1$)

【0027】

上記式(5)において、 $m=0$ 、すなわち軸受異常が検知される時点では、 $G = G_0$ となる。つまり、 G_0 は軸受が異常であると検知した時点での振動加速度の値であると理解できる。

10

【0028】

この劣化評価方法によると、劣化加速試験により試験時間の短縮を図ることができることは勿論のこと、無次元量化した経過時間の連続関数として振動加速度の劣化評価曲線を求めるようにした。このため、全てのフィッティング曲線をこの劣化評価曲線によって代表させることができる。そして、この劣化評価曲線を用いることにより、異なる軸受荷重の下で使用される種々の実機の各転がり軸受の異常発生後の余寿命を十分に予測することが可能になる。

【0029】

これにより、実機において、転がり軸受の異常を検知した後、少なくとも2回の異なる測定時点において、異常を検知してからの経過時間に対する振動加速度を測定し、各測定時点において測定した振動加速度値を劣化評価曲線上に展開し、各振動加速度値を示す無次元量化した経過時間を求め、求めた無次元量化した経過時間と各測定時点と劣化評価曲線における寿命時点に対応する無次元量化した経過時間とから実機の転がり軸受の余寿命を求めることができる。

20

【0030】

例えば、2回の異なる測定時点を t_1 、 t_2 とし、各測定時点 t_1 、 t_2 での振動加速度値を G_1 、 G_2 とし、振動加速度値 G_1 、 G_2 を示す無次元量化した経過時間を m_1 、 m_2 とし、実機の転がり軸受の寿命時点 t_{END} とし、寿命時点 t_{END} に対応する無次元量化した経過時間を m_{END} とした場合、実機の転がり軸受の寿命時点 t_{END} は、下記式(6)で表すようにする。

30

$$t_{END} = t_2 + (t_2 - t_1) (m_{END} - m_2) / (m_2 - m_1) \quad (6)$$

【0031】

また、上記式(6)から、実機の転がり軸受の余寿命($= t_{END} - t_2$)は、下記式(7)で表すことができる。

$$t_{END} - t_2 = (t_2 - t_1) (m_{END} - m_2) / (m_2 - m_1) \quad (7)$$

【0032】

この演算プログラムを用いれば、測定装置の判定が「良」から「注意」になった時点からの振動測定データを基に、実機の転がり軸受の余寿命($= t_{END} - t_2$)を予測することができる。

【0033】

本発明に係る状態監視保全装置は、斯かる実機の転がり軸受の余寿命を予測する方法を利用したものである。

40

【0034】

この実施形態に係る状態監視保全装置1は、図1に示すように、実機の転がり軸受2に取り付けた振動測定装置3と、振動測定装置3の測定データに基づいて、実機の転がり軸受2の振動と、実機の転がり軸受2を設置してからの経過時間を関連付けた振動測定データを記憶する振動測定データ記憶手段4と、上述した劣化評価曲線(例えば、式(6)又は(7))を記憶した劣化評価曲線記憶手段5と、転がり軸受の余寿命と振動の上昇傾向を予測し、実機の転がり軸受2の保全計画を作成する保全計画作成手段6を備えている。

【0035】

50

振動測定装置3は、実機の転がり軸受に取り付けたセンサ7と、センサ7からの信号に基づいて転がり軸受2の振動を測定する測定部8と、転がり軸受の状態を「良」、「注意」、「不可」の三段階で判定する判定部9と、転がり軸受の振動データや状態を表示するディスプレイなどの表示部10とを備えている。この実施形態では、「良」は転がり軸受の振動状況から転がり軸受が良好に機能していると判断される状態であり、「注意」は転がり軸受の振動状況に転がり軸受の劣化の前兆がありメンテナンスの時期が近づいたと判断される状態であり、「不可」は転がり軸受の振動状況からメンテナンスが必要と診断された状態である。

【0036】

この実施形態では、判定部9は、転がり軸受2の振動に対して、「良」と「注意」を判定する基準となる第1のしきい値と、「注意」と「不可」を判定する基準となる第2のしきい値を記憶しており、測定部8で測定された転がり軸受の振動データと、第1のしきい値及び第2のしきい値を比較して転がり軸受の状態を「良」、「注意」、「不可」の三段階で判定するようになっている。

【0037】

また、この実施形態では、状態監視保全装置1の振動測定データ記憶手段4、劣化評価曲線記憶手段5及び保全計画作成手段6は、それぞれ所定のプログラムやデータを記憶した記憶手段（例えば、ハードディスク、メモリー）と、演算装置（例えば、CPU）を備えたコンピュータシステム11で実現されている。

【0038】

この状態監視保全装置は、実機の転がり軸受2の振動を振動測定装置3で測定し、転がり軸受の状態を「良」、「注意」、「不可」の3段階で判定する（s1）。そして、振動測定装置3で測定した振動測定データを、転がり軸受を設置してから経過時間と関連付けて振動測定データ記憶手段4に記憶する（s2）。

【0039】

そして、上述した振動測定装置3の簡易診断で、転がり軸受2の状態が「良」から「注意」に変化したときに、転がり軸受2の異常を検知する。なお、振動測定装置3の簡易診断では転がり軸受2内部のこすれなどが影響して、実際には転がり軸受2がそれ程劣化した状況でないのに、「良」から「注意」に変化する場合がある。このため振動測定装置3の簡易診断は転がり軸受2に適切に給油や給脂が行なわれている状態で行うことが望ましい。転がり軸受2に適切に給油や給脂が行われていない場合には、転がり軸受2に適切に給油や給脂を行って再度簡易診断を行うとよい。

【0040】

次に、転がり軸受2の異常を検知した場合、振動測定データ記憶手段4に記憶された振動測定データと、劣化評価曲線記憶手段5に劣化評価曲線の式(6)、(7)に基づいて、転がり軸受の余寿命を求める（s3）。この場合、転がり軸受の異常を検知した後、少なくとも2回の異なる測定時点において、異常を検知してから経過時間に対する振動加速度を測定する工程と、各測定時点において測定した振動加速度値を劣化評価曲線上に展開し、各振動加速度値を示す無次元量化した経過時間を求め、該求めた無次元量化した経過時間と各測定時点と劣化評価曲線における寿命時点に対応する無次元量化した経過時間とから実機の転がり軸受2の余寿命を求める。

【0041】

詳しくは、保全計画作成手段6は、振動測定装置3の簡易的な判定が「良」から「注意」に変化したとき（転がり軸受の異常を検知したとき）の測定時点 t_1 、振動加速度値 G_1 （ $=G_0$ ）、振動加速度値 G_1 を示す無次元量化した経過時間を m_1 と、転がり軸受2の異常を検知した後の測定時点 t_2 、測定時点 t_2 での振動加速度値 G_2 、振動加速度値 G_2 を示す無次元量化した経過時間を m_2 とに基づいて、劣化評価曲線記憶手段5に記憶された式(6)、(7)より、転がり軸受2の寿命 t_{END} 及び転がり軸受2の余寿命（ $t_{END} - t_2$ ）を演算する。

【0042】

10

20

30

40

50

この実施形態に係る状態監視保全装置1は、上述した劣化評価曲線の式(6)(7)を用い、図2に示すように、簡易診断で転がり軸受の状態が「良」から「注意」に変わってからの振動の上昇傾向を予測する(s3)。なお、振動上昇傾向を示す曲線は線形近似して予測することができる。図2中のSは上昇傾向を線形近似した回帰曲線(直線)を、プロットは実測した振動データをそれぞれ示している。

【0043】

保全計画作成は、上述した($t_{END}-t_2$)の演算により、振動測定装置3の簡易診断で転がり軸受の状態が「不可」になる時期 t_3 を推定し、定期検査などの時期も勘案して、「不可」になるまでに所定の回数、簡易診断が行われるように保全計画を作成する。これにより、簡易診断の頻度が適切に調整され、必要に応じて転がり軸受の状態監視を強化することができる。

10

【0044】

振動測定装置3の簡易診断で転がり軸受の状態が「不可」になる時期 t_3 の推定は、転がり軸受の振動の上昇傾向を予測する予測線Sを利用して、転がり軸受の状態が「不可」と判断される場合の振動値S1(図示例では加速度)と、予測線Sが交差する時期を、転がり軸受の状態がメンテナンスを要すると判断される時期 t_3 とし、 t_3 及び転がり軸受の状態がメンテナンスを要すると判断されるまでの期間Td($Td=t_3-t_2$)を予測する。この実施形態に係る状態監視保全装置1は、これにより求められた転がり軸受の状態がメンテナンスを要すると判断されるまでの期間Td($Td=t_3-t_2$)に基づいて保全計画を作成する(s4)。

20

【0045】

振動測定装置3の簡易診断で転がり軸受2の状態が「不可」になる時期を推定し、「不可」になるまでの期間Tdを算出する。そして、例えば「不可」になるまでに5回の簡易診断を確保する場合には、 $Td/5$ と、通常の簡易診断の頻度 Tn を比較する。そして、 $Td/5 > Tn$ の場合、すなわち、通常の簡易診断の頻度 Tn で「不可」になるまでに5回の簡易診断を確保できると予測される場合には、通常通りに Tn の頻度で簡易診断を行う。これに対し、 $Td/5 \leq Tn$ の場合、すなわち、「不可」になるまでに5回の簡易診断を確保できないと予測される場合には $Td/5$ の頻度で簡易診断を行う。これにより、「不可」になるまでに5回の簡易診断を確保できないと予測される場合に、診断頻度を多くすることができ、転がり軸受の監視を強化することができる。

30

【0046】

このように診断頻度を設定すると、「不可」になる時期 t_3 が近い場合には簡易診断の頻度が多くなり、転がり軸受2の劣化状況をより正確に把握することができる。これにより、従来のように転がり軸受2の劣化があまり進んでいない状況で点検修理が行われることがなくなり、機器の稼働率を向上させることができる。また修繕や交換を適切な時期に行えるので、物的コストを削減することや、人的な労力を抑えることができる。

【0047】

なお、上記の例では、「不可」になるまでに5回の簡易診断を確保するように保全計画を作成する場合を例示したが、「不可」になるまでに何回の簡易診断を確保するかは任意である。従って、「不可」になるまでにn回の簡易診断を確保するように保全計画を作成する場合には、 Td/n と Tn を比較して同様に保全計画を作成するとよい。これにより、転がり軸受の寿命が近くなれば、適切に転がり軸受の振動を診断する頻度が増やすことができ、転がり軸受の監視を強化することができ、転がり軸受の劣化による異常の兆候を早期に発見することができる。

40

【0048】

そして、振動測定データが実機の振動の上昇傾向を予測した予測線Sからのずれが大きくなると、実機の劣化評価曲線が変化し、余寿命時点が予測からずれること(「不可」となる時期の予測は変化したこと)が考えられる。そこで、振動測定データが実機の振動の上昇傾向を予測した予測線Sから大きくずれた場合には、転がり軸受の状態を把握するために点検(簡易診断に頼らず、転がり軸受の状態を把握するための精密振動診断)をする

50

とよい。このため余寿命時点の予測がずれたことを作業者に知らせる指令を発令するようになればよい。この実施形態では、状態監視保全装置1はコンピュータシステムにより実現されているので、作業者に警告する警告手段としては、作業者に精密振動診断などによるより精密な振動診断をするように警告を発するものにとよい。警告は、例えば、ディスプレイに表示したり、警笛を鳴らしたりするなどして、作業者に警告情報を伝えるものであればよい。これにより、転がり軸受の状態が急変した場合でも対応することができる。この場合、転がり軸受の状態が急変した時点で、保全計画を作成し直すとよい。

【0049】

なお、振動測定データは多少のばらつき（測定誤差など）があるので、振動測定データが実機の振動の上昇傾向を予測した予測線Sから外れたか否かの判定は、多少のばらつきを許容するように判定する必要がある。

【0050】

そこで、この実施形態では、振動測定データが実機の振動の上昇傾向を予測した予測線Sから外れたか否かは、実機の振動測定データと実機の振動の上昇傾向を予測した予測線Sとの差（実機の振動の上昇傾向を予測した予測線からのばらつき）を評価し、その標準偏差 σ を求め、実機の振動測定データが $k\sigma$ 以上外れたか否かで判定するとよい（ k は任意の実数）。例えば、振動測定データが実機の振動の上昇傾向を予測した予測線Sから 2σ （ σ は標準偏差）以上外れたか否かということを判定基準にしている。これによれば、振動測定データの測定誤差などによるばらつきを適切に許容することができ、実機の振動測定データが何らかの原因で予測線から外れたことを判定できる。

【0051】

なお、振動測定データが実機の振動の上昇傾向を予測した予測線から外れたか否かを判定する基準は、上述したものに限定されない。また、実機の振動測定データと実機の振動の上昇傾向を予測した予測線との差で評価し、 2σ （ σ は標準偏差）以上外れたか否かという判定基準を例示したが、標準偏差を利用する場合において、標準偏差の何倍を判断基準にするかは任意に選択することができる。また、この判定において、実機の振動の上昇傾向を予測した予測線Sには、演算を簡易にするために実機の振動の上昇傾向を予測した予測線を線形近似した回帰曲線（例えば、直線）を利用しているが、実機の振動の上昇傾向を予測した予測線は線形近似せずに算出してもよい。

【0052】

また、転がり軸受が取り付けられた機器や部位によっては、振動測定装置の簡易診断が「注意」や「不可」と診断された場合でも、転がり軸受の経時的な劣化に関係無く振動測定装置が大きな振動を検知することがある。そのような事象の原因となる外的要因にポンプの脈動、モータ電磁振動などが考えられる。簡易診断が「注意」や「不可」と診断されたのが、転がり軸受の経時的な劣化によるものなのか、外的要因によるものなのかを判別するためには、機器の振動原因や劣化原因を把握しておくことが必要である。

【0053】

外的な振動原因の把握は、例えば、回転機器の運転中に、主な振動ピーク周波数を確認しておき、機器を止めて、プラスチックハンマで転がり軸受を軽打して、その固有振動周波数を計測し、また回転機器を運転し、運転中にプラスチックハンマで転がり軸受を軽打して配管振動周波数を計測するタッピングにより行うことが有効である。このタッピングにより、例えば、配管などとの共振を把握することができ、振動データが転がり軸受の劣化に伴うものでないということを把握することができる。

【0054】

この場合、「良」から「注意」、「注意」から「不可」の判定基準となる第1のしきい値と第2のしきい値を適切に見直すことにより問題が解消される場合がある。また、転がり軸受の取り付けた回転軸の重心のアンバランスや転がり軸受のミスアライメントが原因であると考えられる場合には、機器を組み直すことなどにより、原因は解消される場合が多い。

【0055】

しかし、振動測定装置のしきい値の見直したり機器を組み直したりしても問題が解消されず、振動測定装置の簡易診断が「注意」や「不可」と診断される場合には、上述したように、転がり軸受の劣化評価曲線に基づいて実機の余寿命を演算で求めて、転がり軸受の保全計画を作成することはできない。従って、通常、振動測定装置の簡易診断が「注意」や「不可」と診断され、実機の転がり軸受の経過時間と振動測定データとの関係が、転がり軸受の劣化評価曲線に関係しないと判断される場合には、上述した劣化評価曲線を算出する方法によらず、実機の転がり軸受の経過時間に基づいて転がり軸受の保全計画を作成するとよい。

【0056】

以上、本発明の一実施形態に係る状態監視保全装置を説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】本発明の一実施形態に係る状態監視保全装置の概要を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る転がり軸受の振動の上昇傾向を示す曲線を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る時間基準保全TBMと状態監視保全CBMの分解点検周期を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る現状の振動診断業務を示すフロー図である。

【図5】フィッティング曲線図である。

【図6】フィッティング曲線図である。

【符号の説明】

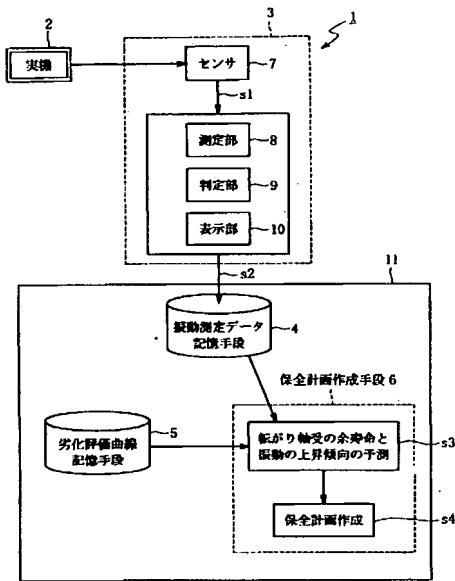
【0058】

- 1 状態監視保全装置
- 2 実機の転がり軸受
- 3 振動測定装置
- 4 振動測定データ記憶手段
- 5 劣化評価曲線記憶手段
- 6 保全計画作成手段
- 7 センサ
- 8 測定部
- 9 判定部
- 10 表示部
- 11 コンピュータシステム

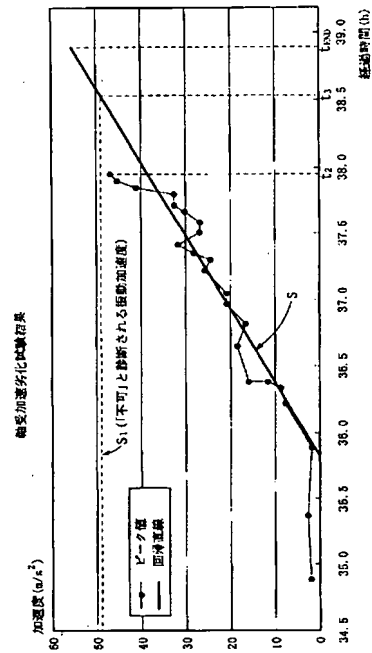
20

30

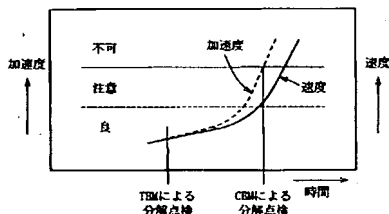
【図 1】



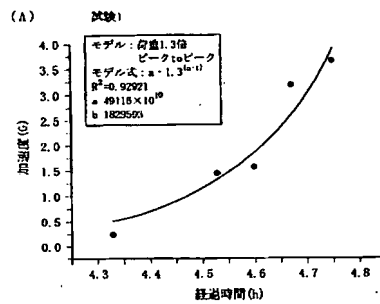
【図 2】



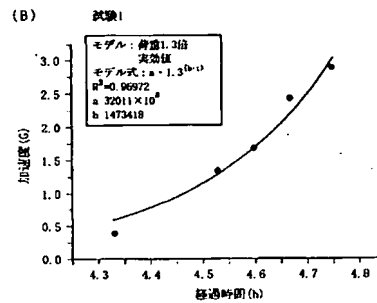
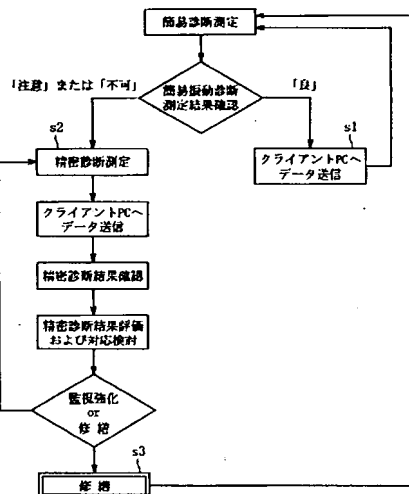
【図 3】



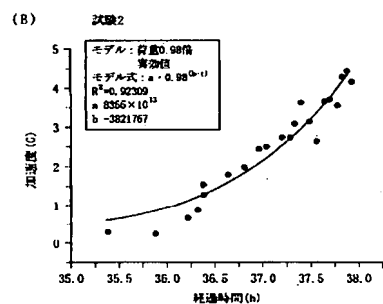
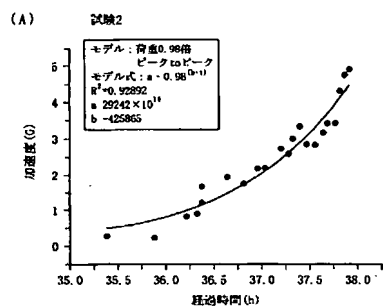
【図 5】



【図 4】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 土肥 伸樹

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号 関西電力株式会社内

(72)発明者 松永 知也

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号 関西電力株式会社内

(72)発明者 千種 直樹

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号 関西電力株式会社内

Fターム(参考) 2G024 AD03 AD05 BA12 BA15 BA27 CA13 DA09 EA01 FA06 FA11

FA14

2G064 AA02 AA17 AB22 BA02 CC29 CC46 CC47 CC57 CC58 CC61

3J101 AA01 BA77 FA24 FA48 GA24 GA29